



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **06043514 A**(43) Date of publication of application: **18.02.94**

(51) Int. Cl.

G02F 1/37
H01S 3/109
(21) Application number: **05097884**(22) Date of filing: **23.04.93**(30) Priority: **27.04.92 JP 04107875**(71) Applicant: **MITSUBISHI ELECTRIC CORP**
(72) Inventor: **YASUI KIMIHARU**
KOJIMA TETSUO
ITO HIROSHI
OKAMOTO TATSUKI
(54) WAVELENGTH CONVERTING LASER DEVICE
AND WAVELENGTH CONVERTING LASER
PROCESSING DEVICE

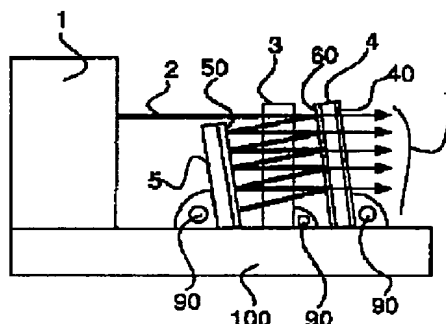
5. Further, the laser beams generated at plural positions are arranged overlapping with one another.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio

(57) Abstract:

PURPOSE: To stably obtain a high-output wavelength converted laser beam with efficiency for a long period and also obtain a wavelength-converted laser beam in an optional shape without time variation even in a high-output range.

CONSTITUTION: Those devices are equipped with a wavelength selective reflecting means 4 which transmits all of a laser beam whose wavelength is converted by the total reflection of incident light and a total reflecting means 5 which totally reflects the laser beam totally reflected by the wavelength selective reflecting means 4 toward the wavelength converting element 3 or on its flank, and the laser beam 2 which is entered into the wavelength converting element 3 is made to go and return in the wavelength converting element 3 plural times and wavelength- converted laser beams 7 are selectively guided out from plural positions of the reciprocation path by the combination of the means 4 and



(19)日本国特許庁(J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-43514

(43)公開日 平成 6 年(1994) 2 月18日

(51)Int.Cl. ³	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F 1/37		8106-2K		
H 0 1 S 3/109		8934-4M		

審査請求 未請求 請求項の数 5 (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平5-97884

(22)出願日 平成 5 年(1993) 4 月23日

(31)優先権主張番号 特願平4-107875

(32)優先日 平 4 (1992) 4 月27日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号

(72)発明者 安井 公治

尼崎市塚口本町 8 丁目 1 番 1 号 三菱電機
株式会社中央研究所内

(72)発明者 小島 哲夫

尼崎市塚口本町 8 丁目 1 番 1 号 三菱電機
株式会社中央研究所内

(72)発明者 伊藤 寛

尼崎市塚口本町 8 丁目 1 番 1 号 三菱電機
株式会社中央研究所内

(74)代理人 弁理士 高田 守

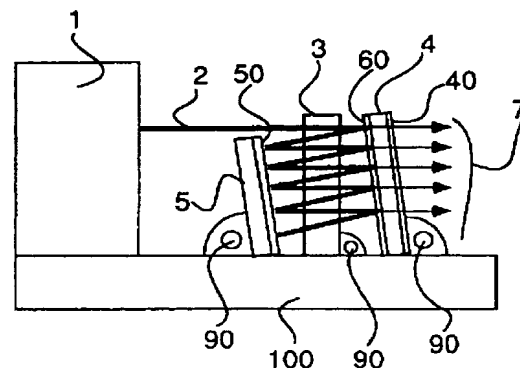
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 波長変換レーザ装置および波長変換レーザプロセッシング装置

(57)【要約】

【目的】 高出力域においても時間変動を伴わず、安定に高出力の波長変換レーザビームを長期にわたり効率良く得ることを目的としている。さらに任意形状の波長変換レーザビームを得ることを目的としている。

【構成】 波長変換素子 3 の近傍または側面に、入射光に対して全反射で波長変換されたレーザビームに対して全透過である波長選択反射手段 4 と、この波長選択反射手段により全反射されたレーザビームを再び波長変換素子 3 に向けて全反射させる全反射手段 5 とを備え、その組み合わせにより、波長変換素子 3 に導入したレーザビーム 2 を、波長変換素子内を複数回往復させるとともに、往復する光路の複数箇所から波長変換されたレーザビーム 7 を選択的に外部に取り出すように構成したものである。また、複数箇所から発生されるレーザビームが互いに重なりを持つように配置したものである。



- 1 : レーザ発振器
- 2 : 基本波レーザビーム
- 4、5 : 反射ミラー
- 7 : 波長変換されたレーザビーム
- 40 : 無反射光学薄膜
- 50 : 反射光学薄膜
- 60 : 波長選択反射光学薄膜
- 90 : 光学部品角度調整器

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 レーザ装置から発生されたレーザビームを非線形素子でなる波長変換素子により波長変換して入射光と波長の異なる波長変換レーザビームを取り出す波長変換レーザ装置において、上記波長変換素子の近傍または側面に、入射光に対して全反射で波長変換されたレーザビームに対して全透過である波長選択反射手段と、この波長選択反射手段により全反射されたレーザビームを再び上記波長変換素子に向けて全反射させる全反射手段とを備え、その組み合わせにより、上記波長変換素子に導入したレーザビームを、波長変換素子内を複数回往復させ、往復する光路の複数箇所から、波長変換されたレーザビームを選択的に外部に取り出すことを特徴とする波長変換レーザ装置。

【請求項 2】 レーザ装置から発生されたレーザビームを非線形素子でなる波長変換素子により波長変換して入射光と波長の異なる波長変換レーザビームを取り出す波長変換レーザ装置において、上記波長変換素子の近傍または側面に、入射光に対して全反射で波長変換されたレーザビームに対して全透過である波長選択反射手段と、この波長選択反射手段により全反射されたレーザビームを再び上記波長変換素子に向けて全反射させる全反射手段とを備え、その組み合わせにより、上記波長変換素子に導入したレーザビームを、波長変換素子内を複数回往復させ、往復する光路の複数箇所から、波長変換されたレーザビームを選択的に外部に取り出すと共に、上記複数箇所から外部に取り出されるレーザビームが互いに重なりを持つように制御するレーザビーム制御手段を備えたことを特徴とする波長変換レーザ装置。

【請求項 3】 レーザ装置から発生されたレーザビームを非線形素子でなる波長変換素子により波長変換して入射光と波長の異なる波長変換レーザビームを取り出す波長変換レーザ装置において、上記レーザビームの光路上に複数個の波長変換素子を配置し、これら各波長変換素子間に入射光に対して全透過で波長変換されたレーザビームに対して全反射である波長選択反射手段を備え、上記各波長変換素子により波長変換されたレーザビームを複数箇所から選択的に外部に取り出すことを特徴とする波長変換レーザ装置。

【請求項 4】 上記請求項 1 ないし 3 の何れかに記載された波長変換レーザ装置により、複数箇所から外部に取り出されたレーザビームを、それぞれ別に用意した複数の光ファイバーまたは一つの光ファイバーに入射させて、互いに近接したまたは合成された一つのレーザビームとし、このレーザビームを用いてレーザプロセッシングを行うことを特徴とする波長変換レーザプロセッシング装置。

【請求項 5】 パルス状のレーザビームを発生するレーザ装置から発生されるレーザビームを非線形素子でなる波長変換素子により波長変換して入射光と波長の異なる

複数の波長変換レーザビームを発生させ、これら複数の波長変換レーザビームを互いに近接または合成するとともに、上記レーザビームのパルス波形、パルス周波数、または上記パルスレーザビームが上記波長変換素子中を通過する時間間隔を制御して、上記複数の波長変換レーザビーム波形が時間的に重なる部分を持つように調整することを特徴とする請求項 1 ないし 4 の何れかに記載の波長変換レーザ装置および波長変換レーザプロセッシング装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【産業上の利用分野】 この発明は、波長変換されたレーザビームを、高出力域においても効率良く、時間変動なく安定に、さらに長期間にわたり安定して発生させる波長変換レーザ装置、ならびに、波長変換されたレーザビームを用いてレーザプロセッシングを行う波長変換レーザプロセッシング装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 図 20 は、例えば、特開平 3-252186 号公報に示された、従来の波長変換レーザ装置である。図 20 において、1 は基本波レーザビームを発生するレーザ発振器で、たとえば Nd:YAG レーザの第 2 高調波として発生されるグリーンレーザ発生装置、2 はレーザ発振器 1 から発生された基本波レーザビーム、3 は波長変換素子である非線形光学素子で、たとえば、チタン酸リチウム KTP (KTiOP₄) や、ほう酸バリウム BBO (b-BaB₂O₄) などの光学結晶、7 は波長変換されたレーザビーム、12 は波長変換素子 3 の温度調節器、100 は光学基板である。

【0003】 従来のレーザビーム波長変換装置は、上記のように構成され、入射基本波レーザビーム 2 は、波長変換素子 3 にある角度で入射すると、波長変換素子の非線形効果により、その一部が波長変換され、高調波レーザビーム 7 として外部に出力される。その波長変換効率は入射レーザビーム 2 のパワー密度に比例して増大する。

【0004】 また、波長変換素子 3 内の進行方向に沿った各点で発生した波長変換レーザビームが、互いに打ち消し合わないようになる条件、いわゆる位相整合条件を満たすには、波長変換素子 3 にある特定の方向からレーザビーム 2 を入射させる必要がある。この入射角度は波長変換素子 3 の温度変動に従って変化するため、高出力域で効率良く波長変換を実行するには、光学素子の温度を温度調節器 12 により細かく調整する必要がある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 上記のような従来の波長変換レーザ装置では、波長変換素子 3 の吸収率は入射基本波レーザビーム 2 に対しては小さく無視できるが、波長変換レーザビーム 7 については大きい。

【0006】 このことから、基本波レーザビーム 2 を集

光して波長変換素子 3 に入射させたり、基本波レーザービーム 2 の出力を上げることにより波長変換素子 3 内での入射ビームのパワー密度を上昇させて波長変換効率を上げたり、さらに従来の実施例のように、複数の固体素子を直列に配置して、基本波レーザービーム 2 と波長変換素子 3 との相互作用を増大させて波長変換出力を増大させようとすると、高出力の波長変換レーザービーム 7 の一部が波長変換素子 3 に吸収され、波長変換素子 3 をレーザービームの光路近傍で局所加熱して、これを局所温度上昇をさせてしまい、この温度上昇により波長変換素子 3 の位相整合状態が崩れ波長変換出力が減少し、従って入射レーザービーム 2 の出力に比例して波長変換レーザービーム 7 は上昇せず、結果として高出力の波長変換レーザービーム 7 を得ることはできなかった。

【0007】また、この温度上昇を温度調節器 12 により抑えようと努力しても、波長変換素子 3 内の温度分布が、レーザービームの分布に対応して局所的に発生し、このために波長変換素子 3 が局所的に熱変形し、これが通過するレーザービームの波面を乱すために、波長変換効率が減少し、温度調節器 12 を用いて波長変換素子 3 全体の温度を調整するだけでは、この減少を抑えることはできなかった。例えば、BBO 結晶からなる波長変換素子 3 による、グリーンレーザービームの紫外レーザービームへの波長変換の実験例では、レーザービームの出力は入射グリーン出力の 10W 以上に対して飽和してしまい、平均出力として最高で 2W 程度が得られているに過ぎない。

【0008】また、波長変換素子 3 の温度上昇による波長変換レーザービーム 7 の減少と、その減少による波長変換素子 3 の温度下降による波長変換レーザービーム 7 の出力の再上昇の繰り返しで短時間で起こり、これにより波長変換レーザービーム 7 の出力が短時間内に大きく変動し不安定になるという問題もあった。

【0009】さらに、百時間程度の長期間の運転を行うと、波長変換レーザービーム 7 の波長変換素子 3 への吸収により、波長変換素子 3 内にカラーセンターが生成され、これが波長変換素子 3 に色を付け、曇らせ、これにより波長変換素子 3 の吸収率が増大し、波長変換レーザービーム 7 の出力が減少するばかりでなく、極端な場合には波長変換レーザービーム 7 の発生が止ってしまうこともあった。

【0010】さらに、入射レーザービーム 2 と波長変換レーザービーム 7 の波長変換素子 3 内での進行方向が異なる、いわゆるウオークオフにより、出射ビームが図 21 に示すように偏平状となる強い方向性を示してしまい、例えば半導体露光装置用の光源としての応用を考えた場合、矩形の広い領域を照射できるレーザー半導体露光プロセッシングが一度に行えず、生産の効率が低かった。

【0011】この発明は、かかる問題点を解決するためになされたものであり、高出力域においても、波長変換素子の温度上昇による位相整合のずれ、温度の短時間変

動による不安定発振、および波長変換素子内のカラーセンターの発生が少なく、効率良く、安定に高出力の波長変換レーザービームを長期にわたり得るとともに、その波長変換レーザービームを用いて、効率的で、安定なレーザープロセッシングを行うことを目的としている。

【0012】さらにこの発明は、半導体露光装置などの光源用として最適な、例えば矩形状、円形状の広い領域を均一に照射できるビーム形状をもつ波長変換レーザービームを得るとともに、その波長変換レーザービームを用いて、効率的で、安定なレーザープロセッシングを行うことを目的としている。

【0013】さらにこの発明は、パルス状の基本波レーザービームを用いて複数のパルス状波長変換レーザービームを得ると共に、それらを合成してレーザープロセッシングに最適なパルス形状を得ることを目的としている。

【0014】

【課題を解決するための手段】この発明の請求項 1 に係わる波長変換レーザー装置は、波長変換素子の近傍または側面に、入射光に対して全反射で波長変換されたレーザービームに対して全透過である波長選択反射手段と、この波長選択反射手段により全反射されたレーザービームを再び上記波長変換素子に向けて全反射させる全反射手段とを備え、その組み合わせにより、上記波長変換素子に導入したレーザービームを、波長変換素子内を複数回往復させ、往復する光路の複数箇所から、波長変換されたレーザービームを選択的に外部に取り出すものである。

【0015】請求項 2 に係わる波長変換レーザー装置は、波長変換素子の近傍または側面に、入射光に対して全反射で波長変換されたレーザービームに対して全透過である波長選択反射手段と、この波長選択反射手段により全反射されたレーザービームを再び上記波長変換素子に向けて全反射させる全反射手段とを備え、その組み合わせにより、上記波長変換素子に導入したレーザービームを、波長変換素子内を複数回往復させ、往復する光路の複数箇所から、波長変換されたレーザービームを選択的に外部に取り出すと共に、上記複数箇所から外部に取り出されるレーザービームが互いに重なりを持つように制御するレーザービーム制御手段を備えたものである。

【0016】請求項 3 に係わる波長変換レーザー装置は、レーザービームの光路上に複数の波長変換素子を配置し、これら各波長変換素子間に入射光に対して全透過で波長変換されたレーザービームに対して全反射である波長選択反射手段を備え、上記各波長変換素子により波長変換されたレーザービームを複数箇所から選択的に外部に取り出すものである。

【0017】請求項 4 に係わる波長変換レーザープロセッシング装置は、上記請求項 1 ないし 3 の何れかに記載された波長変換レーザー装置により、複数箇所から外部に取り出されたレーザービームを、それぞれ別に用意した複数の光ファイバーまたは一つの光ファイバーに入射させて、

互いに近接したまたは合成された一つのレーザービームとし、このレーザービームを用いてレーザープロセッシングを行うものである。

【0018】請求項5に係わる波長変換レーザー装置および波長変換レーザープロセッシング装置は、パルス状のレーザービームを発生するレーザー装置から発生されるレーザービームを非線形素子でなる波長変換素子により波長変換して入射光と波長の異なる複数の波長変換レーザービームを発生させ、これら複数の波長変換レーザービームを互いに近接または合成するとともに、上記複数のレーザービーム間の干渉度合いを、上記レーザービームのパルス波形、パルス周波数、または上記パルスレーザービームが上記波長変換素子中を通過する時間間隔を制御して、上記複数の波長変換レーザービーム波形が時間的に重なる部分を持つように調整するものである。

【0019】

【作用】この発明の請求項1においては、波長変換素子の近傍または側面に設けられた入射光の全反射手段と、入射光に対して全反射で波長変換されたレーザービームに対して全透過である波長選択反射手段との組み合わせにより、入射レーザービームを波長変換素子中で複数回往復させ、往復する光路の複数箇所から波長変換されたレーザービームが大きくなる前に、波長変換素子の外部に取り出され、波長変換素子への波長変換レーザービーム吸収による波長変換素子の発熱を最低限に押さえることができる。これにより、高出力域においても波長変換レーザー出力は飽和することなく、高出力の波長変換レーザービームが得られる。また、長期間の動作においてもカラーセンターなどの波長変換素子の曇りの発生が少なく、波長変換素子に色がつくことなく長期にわたり安定な動作が保証される。さらに、入射光は複数回波長変換素子を通すために、波長変換の効率は往復回数の増大により容易に増大させることができる。このために、1回の波長変換素子の通過による波長変換効率が低い条件でも効率良く波長変換を行うことができる。このことから、従来の装置を用いた場合と同じ波長変換レーザー出力を得るために、必要な入射パワーを低くでき、従って発振の効率を上げることができる。また入射パワー密度を下げることもでき、波長変換素子表面の損傷が減少し長期間の安定動作が実現できる。

【0020】また、請求項2においては、レーザービーム制御手段により、複数箇所から発生されたレーザービームが空間的に互いに重なりを持つように制御することにより、一つのレーザービームとして外部にて用いるようにし、波長変換素子中の波長変換レーザービームの方向ずれによるビーム形状の変形を目立たなくすることができ、さらにレーザー加工に必要な任意形状、例えばリソグラフィ用に矩形状の波長変換レーザービームを作り出すことができる。

【0021】また、請求項3においては、複数の波長変

換素子を用い、複数の波長変換素子の近傍または側面に、入射光に対して全透過で波長変換されたレーザービームに対して全反射である波長選択反射手段により、複数の固体素子中を通過するレーザービーム光路の複数箇所から、波長変換されたレーザービームが大きくなる前に、直ちに波長変換素子の外部に取り出され、波長変換素子への波長変換レーザービーム吸収による波長変換素子の発熱を最低限に押さえることができる。これにより、高出力域においても波長変換レーザー出力は飽和することなく、高出力の波長変換レーザービームが得られる。また、長期間の動作においてもカラーセンターなどの波長変換素子の曇りの発生が少なく、波長変換素子に色がつくことなく長期にわたり安定な動作が保証される。さらに、入射光は複数個の波長変換素子を通すために、波長変換の効率は波長変換素子個数の増大により容易に増大させることができる。このために、1個の波長変換素子の通過による波長変換効率が低い条件でも効率良く波長変換を行うことができる。このことから、従来の装置を用いた場合と同じ波長変換レーザー出力を得るために必要な入射パワーを低くでき、従って発振の効率を上げることができる。また入射パワー密度を下げることもでき、波長変換素子表面の損傷が減少し長期間の安定動作が実現できる。さらに、小型の波長変換素子を利用できるので安価に構成できる。

【0022】また、請求項4においては、波長変換素子の複数箇所から外部に取り出されたレーザービームを、それぞれ別に用意した複数の光ファイバーまたは、一つの光ファイバーに入射させて、互いに近接した、もしくは合成された一つのレーザービームとし、このレーザービームを用いてレーザープロセッシングを行うようにしたので、効率良く安定なレーザープロセッシングが実現できる。

【0023】また、請求項5においては、パルス発振するレーザービームのパルス波形、パルス周波数、または複数の波長変換素子から発生される波長変換レーザービームの時間間隔を制御し、合成される複数の波長変換レーザービームが時間的に重なる部分を持つように調整するようにしたので、レーザープロセッシングに最適な波長変換レーザービームの時間波形を得ることができる。

【0024】

【実施例】

実施例1. 図1は請求項1の発明の一実施例の構成を示す側面図であり、図において、1、2、3、100は上記従来装置と全く同一のものである。4、5は反射ミラーで、ミラー4は入射基本波レーザービーム2を反射させ、波長変換されたレーザービーム7を全透過させる波長選択光学薄膜60と波長変換レーザービーム7に対する無反射光学薄膜40とを備えている。また、ミラー5は入射基本波レーザービーム2を全反射させる光学薄膜50が施されている。90は反射ミラー4、5や波長変換素子3の角度を調整する角度調整器である。

【0025】上記のように構成された波長変換レーザ装置において、レーザ発振器 1 から発生した基本波レーザビーム 2 は、波長変換素子 3 により波長変換され、波長変換されたレーザビームは光学薄膜 60 の作用によりそのほとんどが波長変換レーザビーム 7 として外部に取り出される。

【0026】入射レーザビーム 2 のうち波長変換されなかった成分は、光学薄膜 60 の作用により、そのほとんどがミラー 4 により反射され、再び波長変換素子 3 を紙面左方向に通過するが、この方向では位相整合条件が満たされないため波長変換はされず、ほとんど減衰することなく光学薄膜 50 の作用によりミラー 5 で全反射される。

【0027】再び紙面右方向に、波長変換素子 3 中を位相整合条件を満たしながら、従って波長変換されながら進行し、波長変換レーザビーム 7 を外部に出射する。こうして入射レーザビーム 2 は、波長変換素子 3 中をミラー 4 と 5 の作用により複数回往復し、各往復毎に外部に波長変換レーザビーム 7 を出射する。

【0028】また、波長変換素子 3 への波長変換レーザビーム 7 の一部吸収による温度上昇に伴う位相整合角の変化に対応して、ミラー 4、5、および波長変換素子 3 の角度を、光学部品角度調整手段 90 により調整して、波長変換条件が高出力域においても保たれるようにすることができる。なお、この位相整合角の調整は、ミラー 4、5 および波長変換素子 3 のどちらか一方を調整することにより行ってもよい。

【0029】実施例 2. 次に、請求項 2 の発明の一実施例について説明する。上記実施例 1 で得られた波長変換レーザビーム 7 を、波長変換素子 3 外部において重ね合わせて任意形状のビームパターンを作る。例えば、図 2 に示すよう配置すれば、半導体露光装置用の光源として最適な、矩形状のビームパターンを得ることができる。

【0030】実施例 3. なお、上記実施例 1 で用いた反射ミラー 4 および 5 のいずれか、または両方を波長変換素子 3 の側面に光学薄膜を施して、例えば図 3 に示すように構成してもよい。この図 3 では、波長変換素子 3 の側面に波長選択薄膜 60 を施すと共に、他方の側面に、入射レーザビーム 2 に対する全透過光学薄膜 41 と、全反射光学薄膜 50 を部分選択的に施すことにより、上記実施例と同様な効果を得ることができる。

【0031】実施例 4. 上記実施例 3 では、波長変換素子 3 の各反射点からビームを出射する構成を示したが、図 4 に示すように、波長選択反射光学薄膜 60 を施す波長変換素子 3 の側面に、波長変換選択反射薄膜 60 と全反射光学薄膜 50 を交互に施すようにして、一部の反射点からのみ波長変換レーザビーム 7 を取り出すようにしてもよい。

【0032】実施例 5. また、例えば図 5 に示すように、光路中に集光レンズ 8 などの集光光学系を配置する

か、反射ミラー 4、5 の表面を凹面状にして、集光ビーム状の基本波レーザビーム 2 が波長変換素子 3 中を通過するようにしてもよく、こうすれば波長変換の効率が上昇する。

【0033】実施例 6. また、図 6 に示すように、両端面に全反射光学薄膜 50 を施したブロック 9 を配置して、波長変換素子 3 内を基本波レーザビーム 2 が複数回往復する光路が、2 周以上となるようにしてもよく、こうすれば基本波レーザビーム 2 の波長変換素子 3 中での往復回数が増して波長変換の効率が上がる。

【0034】実施例 7. また、図 7 に示すように、プリズム形状の反射ミラー 10 を、波長変換素子 3 側面に配置して、基本波レーザビーム 2 が波長変換素子 3 中を複数回往復するように構成してもよい。このようにすれば、構造が簡素化し、また各光路の位置調整が独立して行える効果もある。

【0035】実施例 8. また、図 8 に示すように、波長変換素子 3 の最終位置で、レーザビームを反射ミラー 5 により反射させてレーザ発振器 1 に戻るようにしてもよい。こうすれば波長変換されなかった基本波レーザビーム 2 は、再びレーザ 1 の共振器中で増幅されて波長変換に寄与するため、波長変換の効率が上昇する。

【0036】実施例 9. また、図 9 に示すように、波長変換素子 3 を複数個に分割して往復する各光路に対応して備えるようにしてもよく、こうすると小さな波長変換素子 3 が使えるために、安価に構成できる。

【0037】実施例 10. 次に、請求項 3 の発明について説明する。図 10 に示すように、安価な複数の小型の波長変換素子 3 を光路上に配置すると共に、各波長変換素子 3 の間に、入射基本波レーザビーム 2 を全透過させ、波長変換されたレーザビームを全反射させる波長選択光学薄膜 61、入射基本波レーザビーム 2 を全透過させる光学薄膜 41 を施した波長選択ビームスプリッター 11 を配置する。こうすると小さな波長変換素子 3 が使えるために、安価に構成できる。また、波長変換されたレーザビームは直ちに外部に取り出され、波長変換素子への波長変換レーザビーム吸収による波長変換素子の発熱を最低限に押さえることができる。これにより、高出力域においても波長変換レーザ出力は飽和することなく、高出力の波長変換レーザビームが得られる。また、長期間の動作においてもカラーセンターなどの波長変換素子の曇りの発生が少なく、波長変換素子に色がつくことなく長期にわたり安定な動作が保証される。さらに、入射光は複数個の波長変換素子 3 を通過するために、波長変換の効率は波長変換素子個数の増大により容易に増大させることができる。このために、1 回の波長変換素子 3 の通過による波長変換効率が低い条件でも効率良く波長変換を行うことができる。このことから、従来の装置を用いた場合と同じ波長変換レーザ出力を得るために必要な入射パワーを低くでき、従って発振の効率を上げることができ

る。また入射パワー密度を下げることもでき、波長変換素子表面の損傷が減少し長期間の安定動作が実現できる。

【0038】実施例11. なお、上記各実施例では何れも、波長変換素子3の位相整合条件を、光学部品角度調整器90により調整する場合について示したが、図11に示すように、波長変換素子3の全体温度を波長変換素子3に接触して設けられた温度調節器12により調節して行ってもよい。

【0039】実施例12. 次に上記のようにして得られた波長変換レーザビームを波長変換レーザプロセッシング装置に利用する場合について説明する。図12に示す実施例では、複数の波長変換レーザビームを、反射ミラー13でまとめてレーザ加工プロセッシングステーションに導いている。

【0040】この例では、レーザプロセッシングステーションは、波長変換レーザビーム7をまとめて集光する集光レンズ14、これにより集光されたレーザビームにより、切断、熔接、焼き入れ、表面改質、蒸発加工などのレーザ加工プロセッシングを施される、鉄、アルミ、セラミック、プリント基盤などの加工対象物17、加工を効率良く行うために、酸素、アルゴン、ヘリウムなどのガスを吹き込むための導入口16、このガスを閉じ込めるためのノズル15からなる。

【0041】波長変換レーザビーム7は、反射ミラー13により方向を変えられた後、レーザプロセッシングステーションに導かれ、集光レンズ14により集光され、ガス導入口16から導入されたガスの雰囲気の中で、加工物17のレーザ加工を行う。

【0042】例えば、基本波レーザビーム2と相性の悪い加工材を効率良くレーザ加工でき、また短波長に変換された波長変換レーザビーム7を用いた場合には、レンズ13によりより小さな集光スポットに絞られ、高い集光強度を得て、効率良くレーザ加工が行える。

【0043】さらに、複数の波長変換レーザビーム7を合成して生成された波長変換レーザビーム7は、強度が高く、従って短時間で効率良くレーザ加工プロセッシングを行うことができる。

【0044】実施例13. 図13に示す実施例では、複数の波長変換レーザビームを、反射ミラー13でまとめてレーザ半導体露光装置プロセッシングステーションに導いている。

【0045】この実施例では、レーザプロセッシングステーションは、波長変換レーザビーム7をまとめて集光する第1の集光レンズ18、その集光性を調整するフライアイレンズなどからなる光学素子19、第2の集光レンズ20、パターンを転写するためのレチクル21、レチクル21上のパターンを半導体23上に転写するための投影レンズ22、さらに半導体の位置を変化させる移動ステージ24からなる。

【0046】波長変換レーザビーム7は、反射ミラー13により方向を変えられた後、レーザプロセッシングステーションに導かれ、レチクル21のパターンを半導体23の上に転写するが、基本波レーザビームより波長が短くなるように発生させられた波長変換レーザビーム7は、回折効果が小さく、より細かいレチクル21上のパターンを半導体23上に転写できる。このため、密度の高い電子回路を半導体上に転写でき、集積度の高い集積回路を製造することができる。

【0047】さらに、複数の波長変換レーザビームを合成して生成された波長変換レーザビーム7は強度が高く、従って短時間で効率良く転写プロセッシングを行うことができ、生産性を向上させる。

【0048】実施例14. 図14に示す実施例では、複数の波長変換レーザビーム7を、反射ミラー13でまとめて色素セル励起プロセッシングステーションに導いている。

【0049】この実施例では、レーザプロセッシングステーションは、波長変換レーザビーム7をまとめて集光する集光レンズ14、これにより集光されたレーザビームにより、レーザ励起される色素が、アルコールなどの液体に溶かされて詰められた色素セル25、励起された色素セルからレーザビームを取り出す、全反射ミラー27と部分反射ミラー26からなるレーザ共振器からなる。

【0050】波長変換レーザビームは、反射ミラー13により方向を変えられた後、集光レンズ14により色素が詰められた色素セル25中で集光され、これをレーザ励起する。

【0051】レーザ励起された色素セル25から発生されたレーザビーム28は、全反射ミラー27と部分反射ミラー26の間を往復し増幅され、ある一定以上の大きさになると、レーザビーム29として外部に取り出される。

【0052】レーザ励起された色素セル25は、広い波長のレーザビームを発生する能力があり、従って共振器の構成を変えて種々の波長を持つレーザビームを発生させ、これにより例えば、レーザによるウラン濃縮などの応用で必要とされる特殊な波長のレーザビームを発生させることができる。

【0053】さらに、複数の波長変換レーザビームを合成して生成された波長変換レーザビーム7は強度が高く、従って色素セルを励起して、高いゲインを持つレーザ媒質を発生させることができ、このために高出力のレーザビーム29が効率良く得られる。

【0054】実施例15. 次に、請求項4の発明の一実施例について説明する。図15(a)(b)に示す実施例では、(a)に示すように、複数の波長変換レーザビーム7を、集光レンズ14で光ファイバー30に導き、光ファイバー30中で合成するか、(b)に示すように、それぞれの波長変換レーザビーム7に対して複数の

光ファイバー 30 を備えて離れた場所に伝送後に合成し、合成された高出力波長変換レーザビーム 70 を作り出している。

【0055】こうすれば、ほぼ均一な強度分布を持つ、出力の高い波長変換レーザビーム 70 が得られ、さらに波長変換レーザ装置から離れた場所まで、光ファイバー 30 により安全に高出力波長変換レーザビーム 70 を導くことができる。

【0056】さらに、光ファイバー 30 を、例えば酸化物ガラスにより構成された非線形光学素子としたり、例えば希土類元素をドープしたガラスからなるアップコンバージョン光学素子とし、光ファイバー 30 中で 2 段目の波長変換を行うようにすれば、高出力の波長変換レーザビームの作用により、効率良く 2 段階波長変換されたレーザビーム 70 を取り出すこともできる。

【0057】実施例 16. 図 16 に示す実施例では、実施例 15 で示した装置により、光ファイバー 30 中で合成された高出力波長変換レーザビームにより、レーザ加工プロセスを行っている。この場合、光ファイバー 30 から出射されるレーザビーム 70 は、高出力で均一なビームパターンを持つために、これを集光して効率良く安定なレーザ加工が実現できる。

【0058】さらに、図 16 に示す例では、光ファイバー 30 端面のビームパターンを、2 つの集光レンズ 14 により加工物 17 上に像転写している。こうすれば、光ファイバー端面で鋭く端切りされたレーザビームパターンを加工物 17 上に再現でき、これを用いて熱影響の小さい、精度の高い安定なレーザ加工が実現できる。

【0059】実施例 17. 図 17 に示す実施例では、実施例 14 で示した装置により、光ファイバー 30 中で合成された高出力波長変換レーザビーム 70 を、レーザ半導体露光プロセスステーションに導いている。光ファイバー 30 から出射されるレーザビーム 70 は高出力で均一なビームパターンを持つために、これを用いて効率良く安定なレーザ半導体露光プロセスが実現できる。

【0060】実施例 18. 図 18 に示す実施例では、実施例 15 で示した装置により、光ファイバー 30 中で合成された高出力波長変換レーザビーム 70 を、レーザ色素セル励起プロセスステーションに導いている。この場合、光ファイバー 30 から出射されるレーザビーム 70 は高出力で均一なビームパターンを持つために、これを集光して効率良くゲインの高い均質なレーザ媒質を色素セル 25 中に発生させることができ、これから安定に、効率良く、高出力で高品質のレーザビーム 29 が取り出される。

【0061】実施例 19. 次に、請求項 5 の発明の一実施例について説明する。この実施例 19 では、Q スイッチ、またはモードロックなどのパルス動作によりパルス発振するレーザ発振装置 1 を用いて、パルス状に出力さ

れる基本波レーザビーム 2 を用いている。波長変換の変換効率は、光強度のピークの値に比例するために、パルス発振の基本波レーザビームがしばしば用いられる。従って、通常波長変換レーザビームはパルス状のものが得られる。

【0062】図 19 を用いて動作を説明する。複数の波長変換レーザビームは、それぞれ異なる光路を持つために、図 2、図 12、図 15 で説明したそれらの合成は、時間的にずれて実行される。図 19 (a) は、横軸に時間を取った場合のレーザビームの強度分布を示す。図中、700 は最初に波長変換素子を通して発生された波長変換レーザビーム、701 は波長変換素子を一回往復後に発生された波長変換レーザビーム、以下 702、703、... はそれぞれ 2、3、... 回往復後に発生された波長変換レーザビームである。

【0063】ここで例えば、時間的に連続した強度を持つ波長変換レーザビームを得たい場合には、波長変換素子内の往復する光路を短くして、複数の波長変換レーザビーム 700 ~ 703 間の時間間隔を短くするか、基本波レーザビームのパルス幅を増大させて、図 19 (b) に示すように、複数の波長変換レーザビーム 700 ~ 703 が互いに重なる部分を持つようにすればよい。

【0064】さらに、パルス周波数の間隔を短くして、図 19 (c) に示すように、時間的にほぼ連続したレーザビームを発生させることができる。この時間的に連続した光強度を持つ波長変換レーザビームを用いれば、安定なレーザ加工が実行できる。

【0065】なお、上記何れの実施例においても、特に説明しなかったが、光学素子のうち特に指示のない部分にも、レーザビームが通過する部分には通常の光学素子のように無反射薄膜を施せば光学素子通過によるロスが減少し、効率の良い波長変換を実現することができる。

【0066】また、上記何れの実施例における波長変換レーザ装置も、何れの波長変換レーザ加工装置とも組み合わせて用いることができる。

【0067】

【発明の効果】以上説明したように、この発明の請求項 1 によれば、波長変換素子に導入したレーザビームを、波長変換素子内を複数回往復させ、往復する光路の複数箇所から、波長変換されたレーザビームを選択的に外部に取り出すようにしたので、波長変換されたレーザビームは直ちに外部に取り出され、波長変換素子への波長変換レーザビーム吸収による波長変換素子の発熱を最低限に押さえることができる。これにより、高出力域においても波長変換レーザ出力は飽和することなく、高出力の波長変換レーザビームが得られる。また、長期間の動作においてもカラーセンターなどの波長変換素子の曇りの発生が少なく、波長変換素子に色がつくことなく長期にわたり安定な動作が保証される。さらに、入射光は複数回波長変換素子を通してのために、波長変換の効率は往

復回数の増大により容易に増大させることができる。このために、1回の波長変換素子の通過による波長変換効率が低い条件でも効率良く波長変換を行うことができる。このことから、従来の装置を用いた場合と同じ波長変換レーザ出力を得るために、必要な入射パワーを低くでき、従って発振の効率を上げることができる。また入射パワー密度を下げることもでき、波長変換素子表面の損傷が減少し長期間の安定動作が実現できる。

【0068】また、請求項2によれば、複数の波長変換レーザビームを外で重ね合わせるように構成したので、ウオークオフによるビーム形状の偏平変形を目立たなくすることができ、さらにレーザ加工に必要な任意形状、例えばリソグラフィー用に矩形形状の波長変換レーザビームを作り出すことができる。

【0069】また、請求項3によれば、レーザビームの光路上に複数の波長変換素子を配置し、これら各波長変換素子間に入射光に対して全透過で波長変換されたレーザビームに対して全反射である波長選択反射手段を備え、上記各波長変換素子により波長変換されたレーザビームを複数箇所から選択的に外部に取り出すので、波長変換されたレーザビームは直ちに外部に取り出され、波長変換素子への波長変換レーザビーム吸収による波長変換素子の発熱を最低限に押さえることができる。これにより、高出力域においても波長変換レーザ出力は飽和することなく、高出力の波長変換レーザビームが得られる。また、長期間の動作においてもカラーセンターなどの波長変換素子の曇りの発生が少なく、波長変換素子に色がつくことなく長期にわたり安定な動作が保証される。さらに、入射光は複数の波長変換素子を通すために、波長変換の効率は波長変換素子個数の増大により容易に増大させることができる。このために、1回の波長変換素子の通過による波長変換効率が低い条件でも効率良く波長変換を行うことができる。このことから、従来の装置を用いた場合と同じ波長変換レーザ出力を得るために必要な入射パワーを低くでき、従って発振の効率を上げることができる。また入射パワー密度を下げることもでき、波長変換素子表面の損傷が減少し長期間の安定動作が実現できる。さらに、小型の波長変換素子を利用できるので安価に構成できる。

【0070】また、請求項4によれば、波長変換素子の複数箇所から外部に取り出されたレーザビームを、それぞれ別に用意した光ファイバーまたは一つの光ファイバーに入射させて、互いに近接したまたは合成された一つのレーザビームとし、このレーザビームを用いてレーザプロセッシングを行うようにしたために、効率良く安定なレーザプロセッシングが実現できる。

【0071】また、請求項5によれば、パルス発振するレーザビームのパルス波形、パルス周波数、または複数の固体素子から発生される波長変換レーザビームの時間間隔を制御し、合成される波長変換レーザビームが時間

的に重なる部分を持つように調整するようにしたために、レーザプロセッシングに最適な波長変換レーザビームの時間波形を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施例1の構成を示す側面図である。

【図2】この発明の実施例2により得られたビームパターンを示す説明図である。

【図3】この発明の実施例3の構成を示す側面図である。

【図4】この発明の実施例4の構成を示す側面図である。

【図5】この発明の実施例5の構成を示す側面図である。

【図6】この発明の実施例6の構成を示す側面図である。

【図7】この発明の実施例7の構成を示す側面図である。

【図8】この発明の実施例8の構成を示す側面図である。

【図9】この発明の実施例9の構成を示す側面図である。

【図10】この発明の実施例10の構成を示す側面図である。

【図11】この発明の実施例11の構成を示す側面図である。

【図12】この発明の実施例12の構成を示す側面図である。

【図13】この発明の実施例13の構成を示す側面図である。

【図14】この発明の実施例14の構成を示す側面図である。

【図15】この発明の実施例15の構成を示す側面図である。

【図16】この発明の実施例16の構成を示す側面図である。

【図17】この発明の実施例17の構成を示す側面図である。

【図18】この発明の実施例18の構成を示す側面図である。

【図19】この発明の実施例19の動作を説明する説明図である。

【図20】従来の波長変換装置の構成を示す側面図である。

【図21】従来の波長変換装置により得られるビームパターンを示す説明図である。

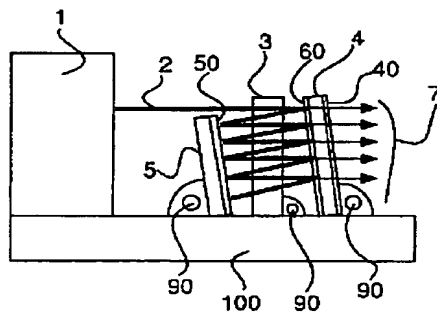
【符号の説明】

- 1 レーザ発振器
- 2 基本波レーザビーム
- 3 波長変換素子

- 4 反射ミラー
- 5 反射ミラー
- 7 波長変換レーザービーム
- 8 集光レンズ
- 10 プリズム
- 12 温度調節器
- 13 反射ミラー
- 17 加工対象物
- 23 半導体
- 25 色素セル
- 30 光ファイバー
- 40 無反射光学薄膜

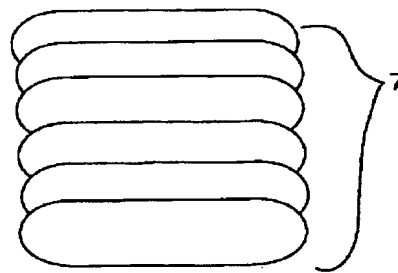
- 41 無反射光学薄膜
- 50 反射光学薄膜
- 60 波長選択反射光学薄膜
- 61 波長選択反射光学薄膜
- 70 波長変換レーザービーム
- 90 光学部品角度調整器
- 100 光学基板
- 700 波長変換レーザービーム
- 701 波長変換レーザービーム
- 702 波長変換レーザービーム
- 703 波長変換レーザービーム

【図 1】

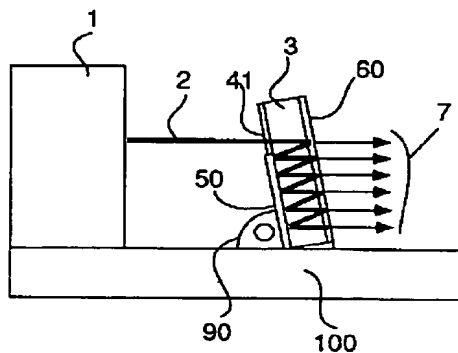


- 1 : レーザ発振器
- 2 : 基本波レーザービーム
- 4、5 : 反射ミラー
- 7 : 波長変換されたレーザービーム
- 40 : 無反射光学薄膜
- 50 : 反射光学薄膜
- 60 : 波長選択反射光学薄膜
- 90 : 光学部品角度調整器

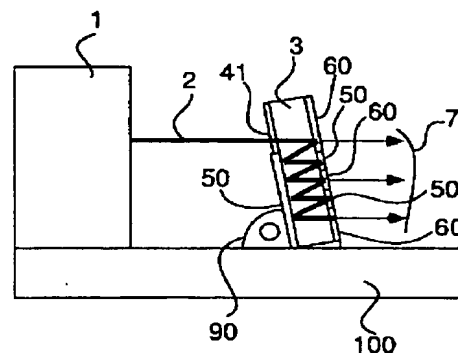
【図 2】



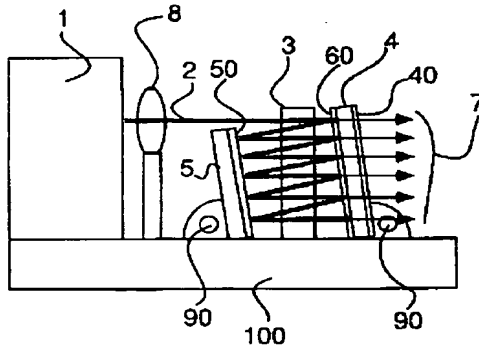
【図 3】



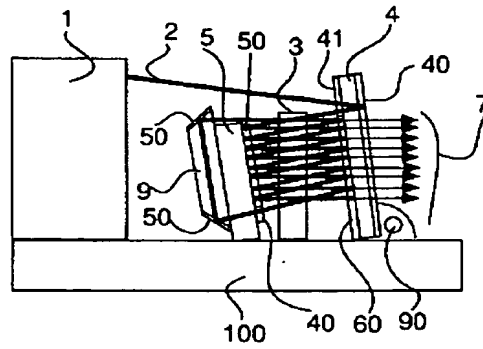
【図 4】



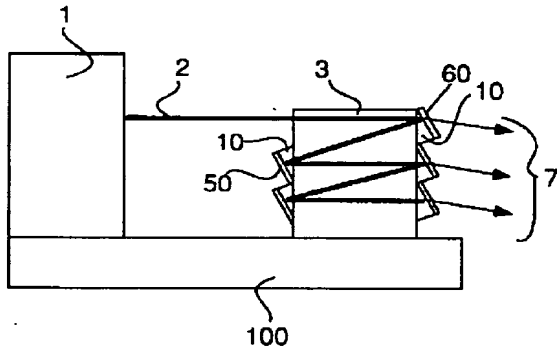
【図 5】



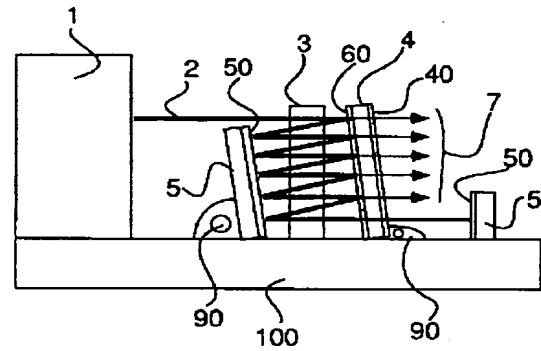
【図 6】



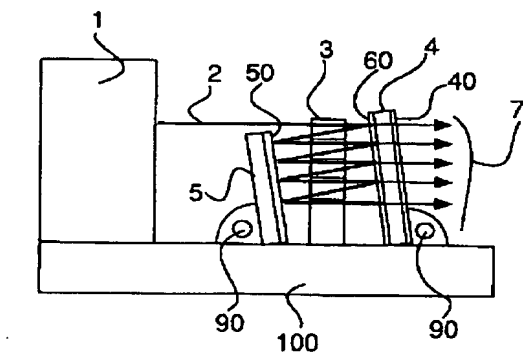
【図 7】



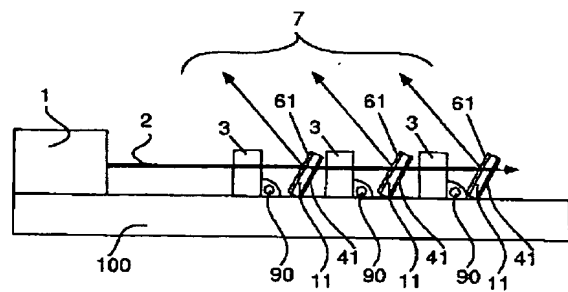
【図 8】



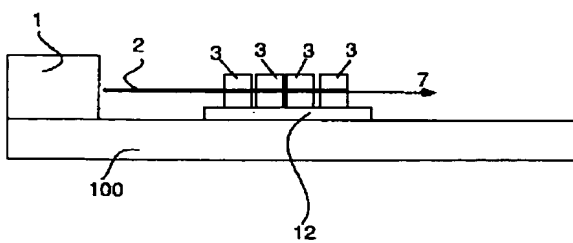
【図 9】



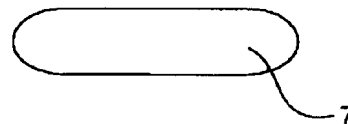
【図 10】



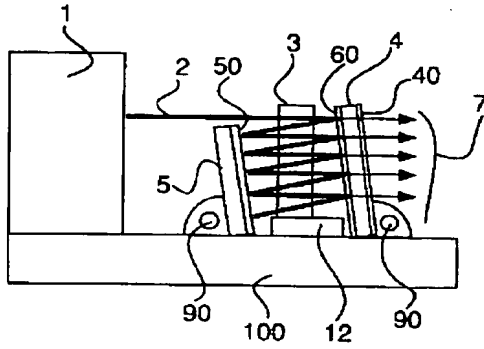
【図 20】



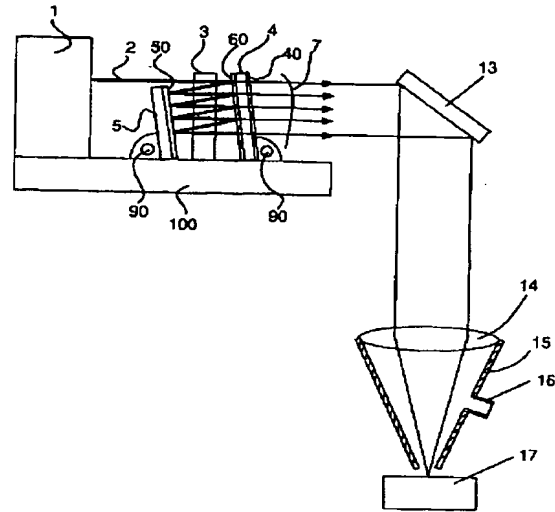
【図 21】



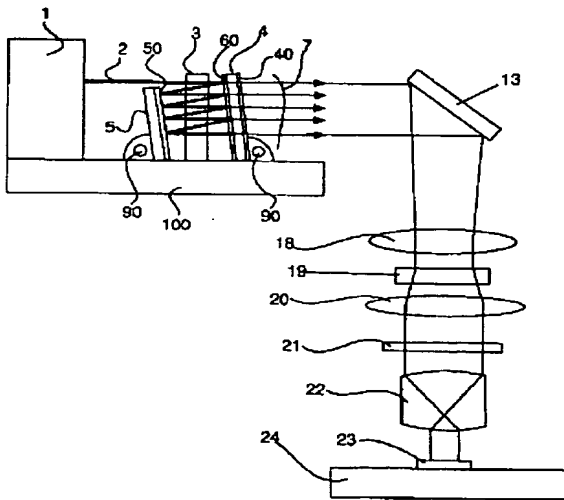
【図11】



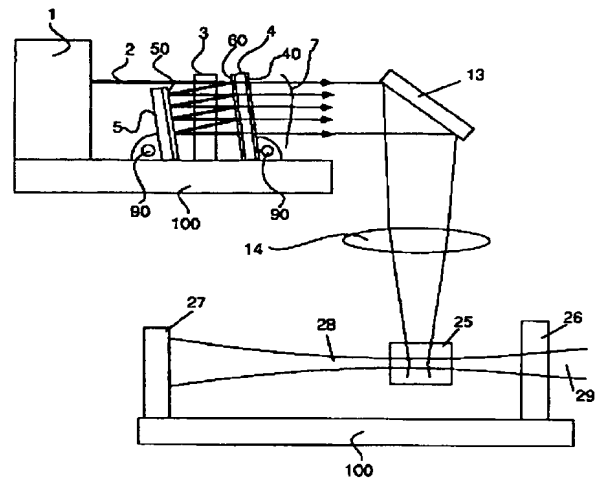
【図12】



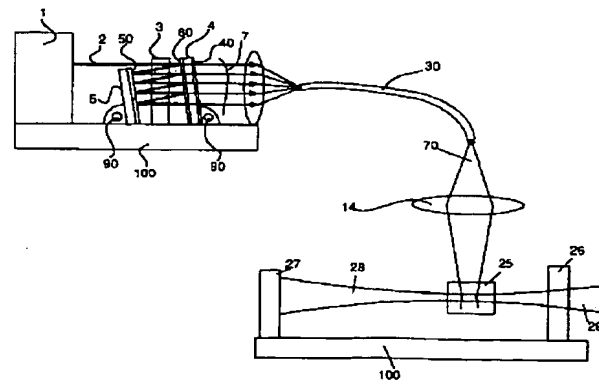
【図13】



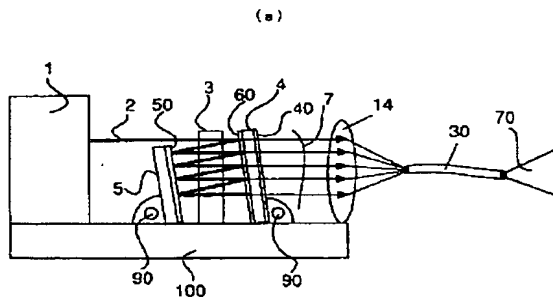
【図14】



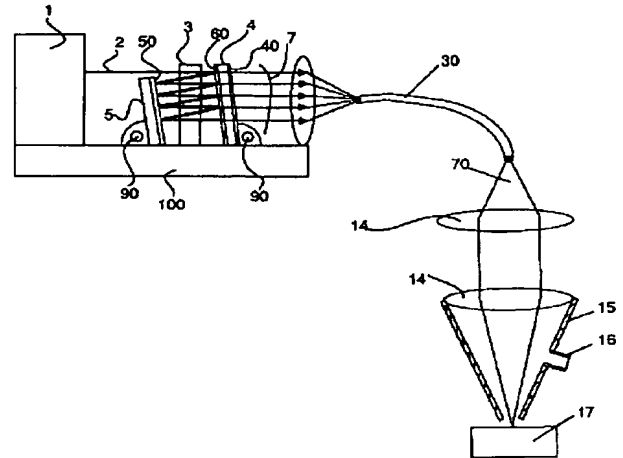
【図18】



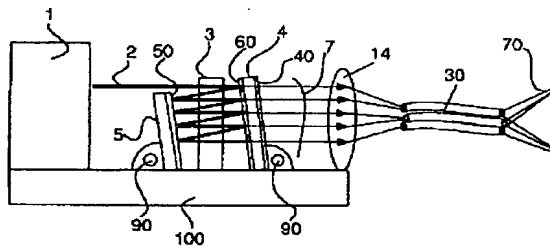
【図 15】



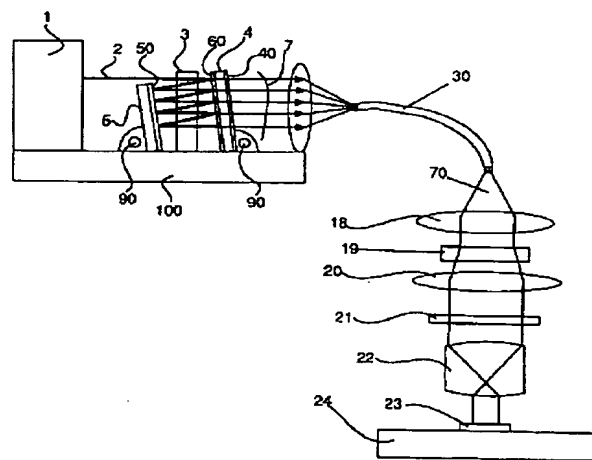
【図 16】



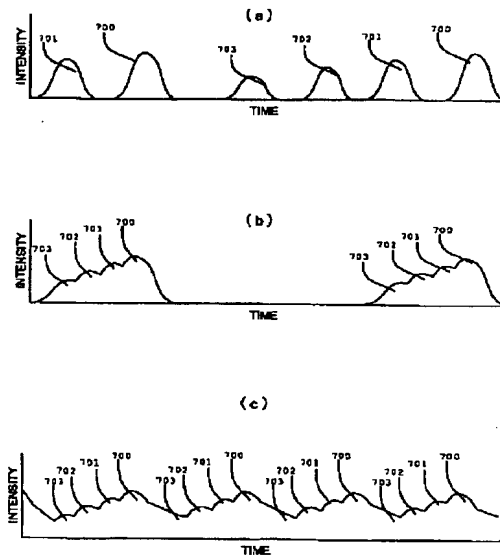
(b)



【図 17】



【図 19】



フロントページの続き

(72) 発明者 岡本 達樹
 尼崎市塚口本町 8 丁目 1 番 1 号 三菱電機
 株式会社中央研究所内